

**ANALISIS PENGGUNAAN RELE JARAK SEBAGAI PROTEKSI PADA SISTEM  
TRANSMISI DARI GARDU INDUK 150 KV GONDANGREJO-JAJAR**



**Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata I Pada Jurusan  
Teknik Elektro Fakultas Teknik**

**Oleh:**

**ILHAM FAHMI HUDA**

**D 400 140 041**

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA  
2018**

**HALAMAN PERSETUJUAN**

**ANALISIS PENGGUNAAN RELE JARAK SEBAGAI PROTEKSI PADA  
SISTEM TRANSMISI DARI GARDU INDUK 150 KV GONDANGREJO-  
JAJAR**

**PUBLIKASI ILMIAH**

oleh:

**ILHAM FAHMI HUDA**

**D 400 140 041**

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh:

Dosen Pembimbing



**Agus Supardi**

**NIK.883**

HALAMAN PENGESAHAN

**ANALISIS PENGGUNAAN RELE JARAK SEBAGAI PROTEKSI PADA  
SISTEM TRANSMISI DARI GARDU INDUK 150 KV GONDANGREJO-  
JAJAR**

OLEH

ILHAM FAHMI HUDA

D 400 140 041

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji  
Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Surakarta  
Pada hari Sabtu, 7 April 2018  
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Dewan Penguji:

1. Agus Supardi, S.T., MT  
(Ketua Dewan Penguji)
2. Ir. Jatmiko, M.T  
(Anggota I Dewan Penguji)
3. Aris Budiman, S.T., M.T  
(Anggota II Dewan Penguji)

(.....)

(.....)

(.....)

Dekan,  
  
Ir. Sri Sunarjono, S.T., Ph.D  
NIK. 681

## PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam naskah publikasi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya di atas, maka akan saya pertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 7 April 2018

Penulis



ILHAM FAHMI HUDA

D 400 140 041

# ANALISIS PENGGUNAAN RELE JARAK SEBAGAI PROTEKSI PADA SISTEM TRANSMISI DARI GARDU INDUK 150 KV GONDANGREJO-JAJAR

## Abstrak

Sistem transmisi tenaga listrik berfungsi sebagai penyalur energi listrik dari pembangkit hingga ke konsumen. Perjalanannya yang menempuh jarak cukup jauh memiliki berbagai macam risiko kerugian serta gangguan. Sistem proteksi dibutuhkan dalam hal menangani gangguan. Salah satu komponen penting adalah rele jarak yang berfungsi sebagai proteksi sistem transmisi tenaga listrik. Rele jarak akan mengukur nilai impedansi gangguan yang kemudian akan dibandingkan dengan nilai *setting* rele, selanjutnya rele akan memberikan perintah sesuai hasil perbandingan. Wilayah kerja rele jarak dibagi menjadi area 1, area 2 dan area 3 dengan nilai *setting* tersendiri. Pengaturan nilai *setting* menjadi penting untuk keandalan sistem transmisi sehingga mampu mengurangi kerugian. Penelitian ini diterapkan pada sistem transmisi gardu induk 150 kV Gondangrejo-Jajar dimulai dengan melakukan studi literatur, mencari data kabel penghantar, parameter trafo dan nilai *setting* rele jarak. Data kemudian diolah dan dilakukan perhitungan serta analisis hasilnya. Berdasarkan data yang didapatkan, terdapat selisih nilai penyetelan awal dengan perhitungan berdasar teori yaitu untuk area 1=1 $\Omega$ , area 2=1.91  $\Omega$  dan area 3=1.8  $\Omega$ . Selisih tersebut menunjukkan kemungkinan beberapa faktor seperti kondisi di lapangan, pengaruh impedansi gangguan serta *human error*. Penggunaan rele jarak Gondangrejo-Jajar masih bisa dikatakan dalam kondisi aman karena tidak menunjukkan selisih nilai yang signifikan.

**Kata Kunci:** sistem transmisi, rele jarak, area proteksi, nilai *setting*.

## Abstract

Electrical power transmission system serves as a distributor of electrical energy from the plant to the consumer. His long-distance journey has various risks of loss and disruption. A protection system is needed in terms of handling interference. One important component is a distance relay that serves as a protection of power transmission lines. Distance relays will measure the impedance value of the disturbance which will then be compared with the value of the relay setting, next the relay will give the commands according to the comparison results. The distance relay working area is divided into territory 1, territory 2 and z territory 3 with their own setting values. Setting the value of the setting becomes important for the reliability of the transmission system so as to reduce losses. This research applied to transmission system of 150 kV substation Gondangrejo-Jajar started by conducting literature study, finding the data of conductor cable, transformer parameters and setting distance relation value. The data is then processed and calculated and analyzed the results. Based on the available data, Initial settlement for territory 1 = 1 $\Omega$ , territory 2 = 1.91  $\Omega$  and territory 3 = 1.8  $\Omega$ . The difference shows several factors such as conditions, including impedance faults and human error. The use of Gondangrejo-Jajar distance relay can still be done in safe condition because it does not show significant value difference.

**Keywords:** transmission system, distance relay, protection territory, setting value.

## 1. PENDAHULUAN

Pada era kemajuan teknologi sekarang ini, hampir semua peralatan penunjang aktifitas membutuhkan energi listrik, ditambah dengan terus meningkatnya pertumbuhan industri dan populasi. Dengan belum ditemukannya teknologi yang bisa mengefektifkan saluran transmisi menyebabkan ketidakseimbangan antara pembangkit listrik dan permintaan daya yang menyebabkan masalah pada ketidakstabilan tenaga dan kualitas daya. Jarak yang sangat jauh menjadi salah satu penyebabnya serta gangguan dari faktor alam juga akan mempengaruhi keandalan. Untuk mengurangi pemborosan, keamanan transmisi dari pembangkit hingga ke konsumen harus menjadi perhatian dalam perencanaannya untuk mencapai tingkat keandalan yang baik.

Sistem tenaga listrik merupakan jaringan komponen yang saling berhubungan dirancang untuk mengubah energi nonelektrik secara kontinyu ke dalam bentuk listrik (Sudirham, 2012). Sistem tenaga dirancang untuk menghasilkan daya listrik dalam jumlah yang cukup untuk memenuhi kebutuhan saat ini dan masa yang akan datang secara kontinyu (Yesansure, 2013). Sistem tenaga dapat dipandang menjadi beberapa bagian yaitu pembangkit, transmisi dan distribusi.

Energi pada saluran transmisi disalurkan melalui kawat-kawat transmisi atau biasa disebut dengan kabel ACSR. Energi yang disalurkan tergolong besar dan sistem transmisi sendiri merupakan sistem dinamis kompleks yang parameter-parameter keadaannya berubah secara terus menerus (Tobing, 2008), maka dari itu perlu strategi proteksi dalam hal desain dan *setting* peralatan.

Sistem proteksi pada saluran tenaga listrik bekerja melindungi peralatan-peralatan listrik dengan mengisolasi kondisi abnormal untuk meminimalkan pemadaman dan kerusakan lebih lanjut. Salah satu komponen sistem proteksi adalah rele proteksi, yang dapat memberikan dampak besar terhadap stabilitas dan reliabilitas sistem tenaga listrik (Rambabu, 2015). Rele proteksi bekerja dengan mendeteksi gangguan atau keadaan abnormal pada saluran transmisi dengan mengukur besaran listrik yang berada dalam kondisi normal dan gangguan (Sleva, 2009).

Pada saluran transmisi umumnya menggunakan rele jarak sebagai sistem proteksi. Rele jarak bekerja dengan cara membandingkan nilai tegangan dan arus gangguan pada titik yang sama, sehingga didapatkan nilai impedansi gangguan (Izykowski, 2008). Nilai impedansi tersebut nantinya akan dibandingkan dengan nilai impedansi *setting* pada rele jarak. Rele jarak akan bekerja ketika nilai impedansi gangguan lebih kecil dari nilai impedansi *setting* (Nugraha, 2010).

$$Z_f = \frac{V_f}{I_f} \quad (1)$$

Keterangan :

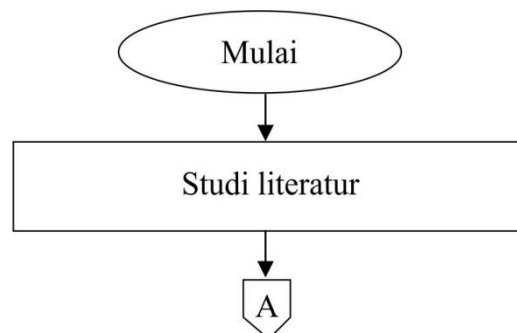
- $Z_f$  : Nilai impedansi gangguan (ohm)  
 $V_f$  : Nilai tegangan gangguan (volt)  
 $I_f$  : Nilai arus gangguan (ampere)

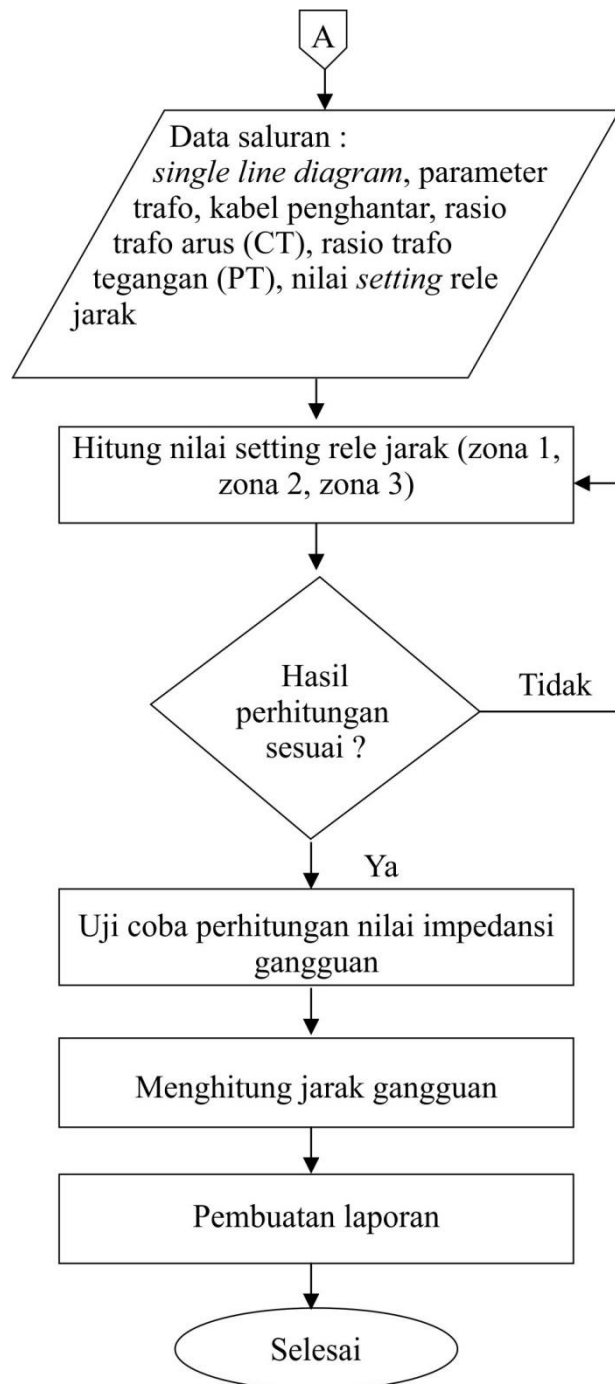
Saluran transmisi antara gardu induk 150 kV Gondangrejo-Jajar mempunyai jarak yang cukup panjang. Kemungkinan terjadinya gangguan juga sangat tinggi seperti surja petir, pohon tumbang, hubung singkat dan lain-lain, maka dari itu peran dan fungsi rele jarak dalam hal ini sangat krusial. Oleh sebab itu penalaan nilai *setting* pada rele jarak harus selalu diperhatikan.

## 2. METODE

Sistem transmisi Gondangrejo-Jajar mempunyai jarak yang cukup jauh. Hal ini harus relevan dengan sistem proteksi yang *disetting* dan didesain secara matang. Penalaan rele jarak akan sangat berpengaruh terhadap keandalan sistem proteksi. Pada penelitian ini dihitung nilai *setting* rele jarak berdasarkan data kemudian melakukan uji coba perhitungan ketika terjadi gangguan pada sistem transmisi gardu induk 150 kV Gondangrejo-Jajar.

Penelitian ini diawali dengan studi literatur mengenai objek penelitian kemudian selanjutnya mengumpulkan data yang dibutuhkan. Sumber data yang digunakan berasal gardu induk 150 kV Gondangrejo tempat penulis melakukan praktik kerja nyata. Data yang sudah terhimpun kemudian dilakukan perhitungan menggunakan persamaan yang didapatkan saat studi literatur. Hasil perhitungan kemudian dianalisis untuk menghasilkan sebuah simpulan. Berikut adalah alur penelitian dari awal hingga hasil :





Gambar 1. *Flowchart* penelitian

Data yang diperoleh antara lain adalah :

1. *Single line diagram* transmisi Gondangrejo–Jajar
2. Data kabel penghantar, parameter trafo, dan sumber tenaga
3. Rasio trafo arus (CT), rasio trafo tegangan (PT)
4. Data nilai *setting* rele jarak transmisi Gondangrejo-Jajar

## 2.1 Klasifikasi wilayah proteksi rele jarak

### a. Klasifikasi Area 1



Rele jarak untuk klasifikasi area 1 diproyeksikan melindungi saluran transmisi sebesar 80% karena dianggap sebagai pengaman utama dengan proteksi sejauh mungkin dengan presentase kesalahan pengukuran 20% pada trafo arus, trafo tegangan serta saat penalaan rele. Pada klasifikasi zona 1 rele jarak akan mendeteksi gangguan dengan sangat cepat, karena tidak memiliki perlambatan waktu sehingga diperoleh persamaan matematisnya sebagai berikut :

$$Z_1 = 0.8 \times Z_{L1} \quad (2)$$

Dengan :

$Z_{L1}$  = impedansi saluran transmisi Gondangrejo-Jajar 1 (ohm)

*Time delay* rele area 1 adalah  $t=0$  detik

#### b. Klasifikasi Area 2

Rele jarak untuk klasifikasi area 2 diproyeksikan melindungi saluran transmisi sebesar 20% sisa zona 1 dan sekitar 50% untuk saluran berikutnya dengan perlambatan waktu 0.4 detik, maka diperoleh rumus :

$$Z_2 = 0.8 \times (Z_{L1} + (0.8 \times Z_{L2})) \quad (3)$$

Dengan :

$Z_{L1}$  = impedansi saluran transmisi Gondangrejo-Jajar (ohm)

$Z_{L2}$  = impedansi saluran transmisi Jajar-Banyudono (ohm)

*Time delay* rele area 2 adalah  $t=0.4$  detik

#### c. Klasifikasi Area 3

Rele jarak untuk klasifikasi area 3 diproyeksikan melindungi sisa saluran transmisi yang tidak terlindungi oleh zona 2 sampai saluran berikutnya dengan perlmbatan waktu 1.2 detik, maka diperoleh rumus :

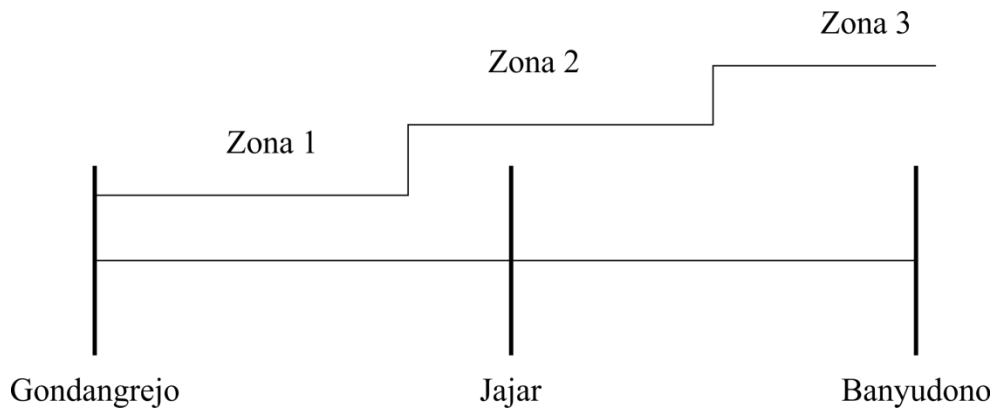
$$Z_3 = 1.2 \times (Z_{L1} + Z_{L2}) \quad (4)$$

Dengan :

$Z_{L1}$  = impedansi saluran transmisi Gondangrejo-Jajar (ohm)

$Z_{L2}$  = impedansi saluran transmisi Jajar-Banyudono(ohm)

*Time delay* rele area 3 adalah  $t=1.2$  detik



Gambar 2. Klasifikasi area proteksi rele jarak

Berikut spesifikasi rele jarak saluran transmisi Gondangrejo-Jajar:

Tabel 1. Spesifikasi rele jarak

<b>Nama</b>	<b>Uraian</b>	<b>Satuan</b>
<b>ALSTOM</b>	763295T	-
<b>Tipe</b>	MiCOM	-
<b>Arus nominal</b>	1/5	Ampere
<b>Tegangan nominal</b>	100 – 120	Volt
<b>Tegangan DC</b>	110-250	Volt
<b>Frekuensi</b>	50/60	Hertz

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pada penelitian ini berupa nilai impedansi *setting* rele jarak untuk area 1, area 2 dan area 3 pada saluran transmisi gardu induk 150 kV Gondangrejo-Jajar. Selain itu pada penelitian ini juga didapatkan hasil perhitungan gangguan satu fasa ke tanah dan gangguan 2 fasa. Rele jarak yang digunakan mempunyai sifat karakteristik Mho.

#### 3.1 Data Penelitian

Berikut data-data yang diperoleh dari gardu induk 150 kV Gondangrejo dan studi literatur, yang terdiri dari :

1. Gambar *single line diagram* sistem transmisi gardu induk 150 kV Gondangrejo-Jajar
2. Data rasio trafo arus (CT) dan trafo tegangan (PT)

Trafo arus (CT) : 600/1

Trafo Tegangan (PT) : 1500/1

3. Data kabel penghantar

Tabel 2. Spesifikasi kabel penghantar Gondangrejo-Jajar

Item	Uraian	Satuan
Tipe Konduktor	ACSR	-
Jenis Konduktor	ACSR 240/40	
Panjang penghantar	13.4	km
Diameter	21.9	mm
Luas penampang	282.5	mm <sup>2</sup>
Impedansi	$0.0695 + j0.3072$	$\Omega/\text{km}$
Kapasitas arus	457	A

Tabel 3. Spesifikasi kabel penghantar Jajar-Banyudono

Item	Uraian	Satuan
Tipe Konduktor	ACSR	-
Jenis Konduktor	HAWK	
Panjang penghantar	8.65	km
Diameter	21.79	mm
Luas penampang	281.03	mm <sup>2</sup>
Impedansi	$0.0599 + j0.5761$	$\Omega/\text{km}$
Kapasitas arus	455	A

4. Data *setting* rele jarak Gondangrejo-Jajar

Tabel 4. Nilai impedansi urutan positif, negatif dan nol

Impedansi urutan positif	$0.1389 + j0.4274$
Impedansi urutan negatif	$0.1389 + j0.4274$
Impedansi urutan nol	$0.561 + j1.8516$

Tabel 5. Nilai *setting* rele jarak Gondangrejo-Jajar

<b>Area 1</b>	$0.6143 + j2.1511\Omega$
<b>Area 2</b>	$1.0015 + j3.4139\Omega$
<b>Area 3</b>	$2.0030 + j6.8278\Omega$

### 3.2 Perhitungan Impedansi

Berikut nilai impedansi sepanjang sistem transmisi gardu induk 150 kV Gondangrejo-Jajar dihitung dengan persamaan dibawah ini :

$$Z_L = \text{panjang saluran} \times Z_{\text{saluran}} \text{ per km} \quad (5)$$

Nilai impedansi sistem transmisi gardu induk 150 kV Gondangrejo-Jajar :

$$\begin{aligned} Z_{L1} &= 13.4 \times (0.0695 + j0.3072) \\ &= 0.9312 + j4.1165 \Omega \end{aligned}$$

Nilai impedansi sistem transmisi gardu induk 150 kV Jajar-Banyudono :

$$\begin{aligned} Z_{L2} &= 8.65 \times (0.0599 + j0.5761) \\ &= 0.5181 + j4.9832 \Omega \end{aligned}$$

Berikut perhitungan untuk nilai impedansi area 1, area 2 dan area 3 berdasarkan persamaan 2, 3 dan 4 :

#### 3.2.1 Nilai impedansi area 1

$$\begin{aligned} Z_1 &= 0.8 \times (0.9312 + j4.1165) \\ &= 0.7449 + j3.2932 \Omega \end{aligned}$$

Dengan jangkauan perlindungan :  $0.8 \times 13.4 = 10.27 \text{ km}$

Area 1 memiliki *time delay*  $T_1 = 0$  detik karena merupakan pengaman utama sistem transmisi sehingga bekerja secara instan.

#### 3.2.2 Nilai Impedansi area 2

$$\begin{aligned} Z_2 &= 0.8 \times ((0.9312 + j4.1165) + (0.8 \times (0.5181 + j4.9832))) \\ &= 1.0765 + j6.4824\Omega \end{aligned}$$

Dengan jangkauan perlindungan :  $0.8 \times (13.4 + (0.8 \times 8.65)) = 16.256 \text{ km}$

Area 2 memiliki *time delay*  $T_2=0.4$  detik hal ini karena area 2 bekerja sebagai *backup* area 1 sehingga memiliki waktu kerja lebih lama dari area 1.

### 3.2.3 Nilai impedansi area 3

$$\begin{aligned} Z_3 &= 1.2 \times ((0.9312 + j4.1165) + (0.5181 + j4.9832)) \\ &= 1.7391 + j10.9196 \Omega \end{aligned}$$

Dengan jangkauan perlindungan :  $1.2 \times (13.4 + 8.65) = 26.46$  km

Area 3 memiliki *time delay*  $T_3= 1.2$  detik, waktu tunda kerja paling lama dibandingkan area 1 dan area 2.

## 3.3 Impedansi Yang Dilihat Oleh Rele

Nilai impedansi gangguan yang dilihat oleh rele yaitu dalam skala kecil karena mengikuti rasio PT dan CT. Bentuk persamaannya dapat dituliskan sebagai berikut :

$$Z_{rele} = n \times Z_{area} \quad (6)$$

Rasio trafo tegangan (PT) : 1500/1

Rasio trafo arus (CT) : 600/1

$$n = \frac{PT}{CT} = \frac{1/1500}{1/600} = 0.4$$

a. Area 1

$$\begin{aligned} Z_{1sekunder} &= 0.4 \times (0.7449 + j3.2932) \\ &= 0.2979 + j1.3172 \Omega \end{aligned}$$

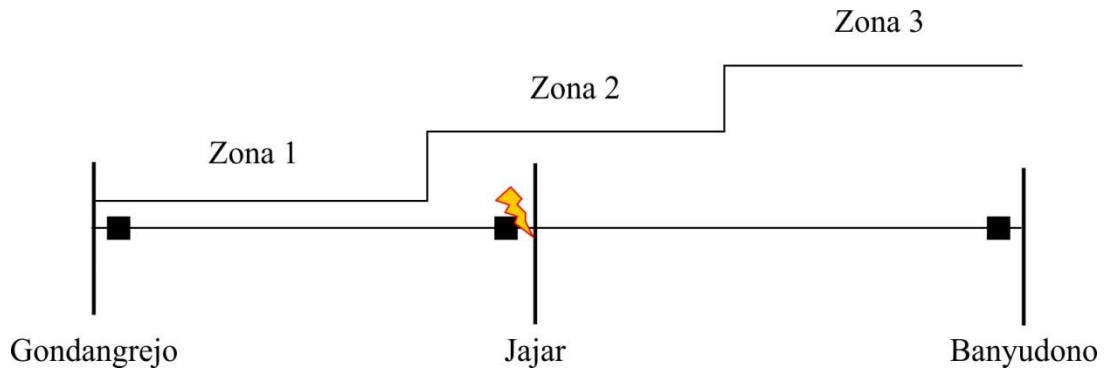
b. Area 2

$$\begin{aligned} Z_{2sekunder} &= 0.4 \times (1.0765 + j6.4824\Omega) \\ &= 0.4306 + j2.5929 \Omega \end{aligned}$$

c. Area 3

$$\begin{aligned} Z_{3sekunder} &= 0.4 \times (1.7391 + j10.9196) \\ &= 0.6956 + j4.3678 \Omega \end{aligned}$$

### 3.4 Gangguan Sistem Transmisi



Gambar 3. Anomali pada sistem transmisi

Pada sistem transmisi ketika terjadi gangguan pada satu titik saluran, maka rele jarak akan mendeteksi. Hal ini bisa dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

a. Gangguan 1 fasa ke tanah

$$I = 3 \times \frac{kV_{/\sqrt{3}}}{z_1 + z_2 + z_0 + 3z_f} \quad (7)$$

b. Gangguan 2 fasa

$$I = \frac{kV_{/\sqrt{3}}}{z_1 + z_2 + 3z_f} \quad (8)$$

c. Gangguan 3 fasa

$$I = \frac{kV_{/\sqrt{3}}}{z_1} \quad (9)$$

d. Tegangan gangguan

$$V = I \times Z_I \quad (10)$$

Dengan :  $I$  = Arus Gangguan

$Z_I$  = Impedansi urutan positif

$Z_2$  = Impedansi urutan negatif

$Z_0$  = Impedansi nol

$Z_f$  = Impedansi gangguan

$V$  = Tegangan gangguan

### 3.5 Arus dan Tegangan Gangguan

Pada gambar 3 ditunjukkan contoh sistem transmisi yang mengalami gangguan. Semisal pada gambar 3 menunjukkan impedansi gangguan sebesar  $10 \Omega$ , maka untuk menghitung nilai gangguan yang terjadi adalah sebagai berikut :

1. Gangguan 1 fasa ke tanah

a. Arus gangguan

$$I = 3 \times \frac{150000/\sqrt{3}}{(0.1389+j0.4274)+(0.1389+j0.4274)+(0.561+j0.18516)+(3 \times 10)}$$

$$I = 3 \times \frac{86602.54}{3.8388+j2.7064}$$

$$I = 8360.31 - j733.6972 \text{ A}$$

b. Tegangan gangguan

$$\begin{aligned} V &= (8360.31 - j733.6972) \times (0.1389 + j0.4272) \\ &= 1474.82 + j3471.28 \text{ V} \end{aligned}$$

2. Gangguan 2 fasa

a. Arus gangguan

$$I = \frac{150000/\sqrt{3}}{(0.1389+j0.4274) + (0.1389+j0.4274) + (10)}$$

$$I = \frac{86602.54}{10.2778+j0.8548}$$

$$I = 8368.28 - j695.98 \text{ A}$$

b. Tegangan gangguan

$$\begin{aligned} V &= (8368.28 - j695.98) \times (0.1389 + j0.4272) \\ V &= 1459.81 + j3479.93 \text{ V} \end{aligned}$$

3. Gangguan 3 fasa

a. Arus gangguan

$$I = \frac{150000/\sqrt{3}}{(0.1389+j0.4274)}$$

$$I = \frac{86602.54}{(0.1389+j0.4274)}$$

$$I = 59560.58 - j183269.94 \text{ A}$$

b. Tegangan gangguan

$$\begin{aligned} V &= (59560.58 - j183269.94) \times (0.1389 + j0.4274) \\ &= 86602.53 - j0.00274 \text{ V} \end{aligned}$$

Data di atas adalah arus gangguan dan tegangan gangguan hasil perhitungan untuk nilai impedansi gangguan sebesar  $10\Omega$ . Untuk nilai impedansi gangguan yang berbeda memerlukan perhitungan yang berbeda.

### 3.6 Menentukan Letak Gangguan

Ketika terjadi gangguan pada saluran transmisi maka rele akan membaca nilai impedansi gangguan dan dapat diketahui seberapa jauh letak gangguan yang terjadi. Persamaan untuk menentukan letak gangguan :

$$\text{Jarak gangguan} = \frac{\text{impedansi yang dibaca rele} \times \frac{PT}{CT} \times L_1}{Z_{L1}} \quad (11)$$

Contoh menentukan jarak gangguan :

1.  $0.5 \Omega$

$$\text{Jarak gangguan} = \frac{0.5 \times \frac{1500/1}{600/1} \times 13.4}{0.9312 + j4.1165} = \mathbf{0.88 \text{ km}}$$

2.  $1 \Omega$

$$\text{Jarak gangguan} = \frac{1 \times \frac{1500/1}{600/1} \times 13.4}{0.9312 + j4.1165} = \mathbf{1.75 \text{ km}}$$

Tabel 6. Penentuan letak gangguan dengan nilai impedansi  $0.5\Omega$  hingga  $3\Omega$

Nilai Impedansi gangguan	Jarak gangguan
$0.5 \Omega$	0.88 km
$1 \Omega$	1.75 km
$1.5 \Omega$	2.62 km
$2 \Omega$	3.5 km
$2.5 \Omega$	4.37 km
$3 \Omega$	5.25 km

### 3.7 Analisis Hasil

Perhitungan dari persamaan di atas didapatkan sebuah selisih hasil antara nilai *setting* awal dengan perhitungan berdasar teori.

Rele jarak	Setting awal	Hasil perhitungan	Selisih
Area 1	$2.37\Omega$	$3.37\Omega$	$1\Omega$
Area 2	$3.55\Omega$	$5.46\Omega$	$1.91\Omega$
Area 3	$7.11\Omega$	$8.97\Omega$	$1.86\Omega$

Selisih antara nilai awal dengan hasil perhitungan tidak menunjukkan perbedaan yang terlalu jauh, sehingga rele jarak dianggap masih dalam sesuai standar. Pengaruh perbedaan bisa disebabkan karena tahanan gangguan, faktor *infeed*, kondisi dilapangan dan *human error*.



#### 4. PENUTUP

Kesimpulan dari penelitian penggunaan rele jarak sistem transmisi Gondangrejo-Jajar adalah sebagai berikut :

1. Rele jarak berkerja dengan sistem tumpang tindih, dimana area 1 sebagai pengaman utama kemudian area 2 dan disusul area 3
2. Terdapat selisih nilai *setting* awal dengan perhitungan berdasarkan teori yang dipelajari
3. Selisih hasil tersebut bisa terjadi karena faktor kondisi dilapangan, pengaruh tahanan gangguan serta kelalaian atau *human error*
4. Nilai setting impedansi area 1, area 2, dan area 3 rele jarak Gondangrejo-Jajar dengan hasil perhitungan terdapat selisih yang yang tidak terlalu signifikan sehingga masih dalam koridor aman.

#### PERSANTUNAN

Manusia merupakan makhluk soisal yang pasti membutuhkan bantuan orang lain tidak terkecuali dalam penyusunan laporan penelitian ini yang bukan serta merta karena kerja keras penulis saja, banyak pihak yang ikut berperan membantu menyelesaikan. Dalam kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada :

1. Allah Subhanallahuwat'ala dzat yang Maha Agung dengan segala limpahan rahmat dan nikmat-Nya penulis bisa menyelesaikan laporan tugas akhir ini.
2. Nabi Muhammad solallhu'alaihi wassalam yang telah membawakan cahaya iman dan ilmu sehingga umat manusia bisa keluar dari kejahilan
3. Ayah dan ibu tercinta, Bapak Drs. Moh. Edi mastur dan Ibu Kustiyah dua orang yang paling peduli dan selalu memberikan doa serta semangat kepada penulis untuk menyelesaikan laporan tugas akhir ini.
4. Kakak dan adik tersayang, Fika Akmalia fatkhurriska, Namzah Althaf Bahraiz dan Hanum Brilianau Rihadhatul 'Aisy atas waktu dan doanya.
5. Bapak Umar, S.T M.T selaku ketua jurusan Teknik Elektro yang murah senyumnya.
6. Bapak Agus Supardi S.T M.T sebagai dosen pembimbing yang telah memberikan semangat motivasi dan arahnya kepada penulis
7. Semua dosen Teknik Elektro yang telah memberikan ilmu-ilmunya
8. Supervisor Gardu Induk 150 kV Gondangrejo bapak Yusron yang telah memberikan arahnya
9. Operator Gardu Induk 150 kV Gondangrejo mas aryo dan mas daus yang telah banyak penulis repotkan

10. Kawan-kawan teknik elektro 2014 yang mengagumkan, seperti Panji, bayu, cahyo, dini, khoir, albas dan semua segala kenangan belajar kelompok bersama
11. Kawan-kawan BEM UMS kabinet bengawan bakti yang luar biasa
12. Immawan-immawati komisariat Averroes dari angkatan al-maruf alfatih badiuzzaman al-mahdi dan semuanya

## DAFTAR PUSTAKA

- A. Mohajeri, H. Seyedi, and M. Sahabi (2015). *Optimal setting relays quadrilateral characteristic considering the uncertain effective parameters*. Tabriz. Iran.
- F.Sleva, Anthony (2009). *Protective Relay Principles*. Taylor & Francis Group, LLC. Hal 2
- Idris, Muhd Hafizi. Hardi, Surya and Hasan, Mohd Zamri. (2012). *Teaching Distance Relay Using Matlab/Simulink Graphical User Interface*. Electronics Electrical And Engineering. University Malaysia Perlis, Kuala Perlis. Malaysia
- Izykowski, J. (2008). *Fault Location on Power Transmission Line*. Faculty Of Electrical Engineering. Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław. Poland.
- Mu'tashim, Qoid Zuhdi. (2017). *Analisis Penggunaan Rele Jarak Pada Sistem Transmisi Gardu Induk 150kv Jajar – Gardu Induk 150kv Banyudono*. Diploma thesis. Universitas Muhammadiyah Surakarta
- Nugraha, Rully (2010). *Analisis Perhitungan Rele Jarak Pada SUTT 150 kV Cigelereng-Lagadar*. Teknik Elektro. Institut Teknologi Nasional, Bandung. Indonesia
- Sudaryatno, Sudirham. (2012). *Analisis Sistem Tenaga*. Bandung : Darpublic.
- Sudrajat, Ramandhita. Saodah, Siti dan Waluyo (2014). *Analisis Penalaan Rele Jarak Sebagai Proteksi Utama Saluran Udara Tegangan Tinggi 150kv Bandung Selatan-Cigelerang*. Jurnal Reka Elkomika. Institut Teknologi Nasional.
- Tobing, Cristof Naek Halomoan. (2008). *Rele Jarak Sebagai Proteksi Saluran Transmisi*. Depok. Departemen Elektro Fakultas Teknik. Universitas Indonesia.
- Yeansure, T.M. And Arora, T.G. (2013). *Numerical Quadrilateral Distance Relay*. Department of Electrical Engineering. Ramdeobaba College of Engineering and Management, Nagpur, Maharashtra. India